

# 宽坪群的原岩建造及其形成环境浅析

宋子季

(陕西区域地质调查队)

张维吉

(西安地质学院)

**主题词:** 宽坪群; 原岩建造; 拉斑玄武岩; 海槽

**提 要:** 早—中元古界宽坪群是经历多期变形变质的岩系。经恢复原岩, 下部为火山硅质(富镁碳酸盐岩)—基性火山岩亚建造; 中部为火山—类复理石亚建造; 上部为类复理石—碳酸盐岩亚建造, 属优地槽沉积。它不具蛇绿岩的典型特征, 也非大洋扩张脊的产物。其形成环境类似大陆边缘裂陷海槽。

早中元古界宽坪群是多期变形变质的产物。下部(广东坪组—商县洛南地区, 甘峪湾组—眉县户县地区, 下同)为绿片岩夹石英岩、石英大理岩及绢云石英片岩等, 局部出露变超镁铁质岩及长英质变粒岩; 中部(四岔口组、大镇沟组)以云母石英片岩为主, 夹角闪岩、石英大理岩及少量长英质变粒岩; 上部(谢湾组、汤峪组)由角闪岩、黑云大理岩及云母斜长石英片(麻)岩等组成。本文拟在恢复原岩建造和着重讨论火山岩地球化学特征基础上, 对其形成环境作一分析。

## 一、区域变质岩原岩特征

### (一) 阳起角闪质岩类

包括绿片岩和角闪岩, 分布较广。前者系下部岩组主体, 包括绿帘钠长阳起片岩、绿帘阳起钠长片岩及钠长绿泥片岩等; 后者是上部岩组的重要组成部分, 以斜长角闪岩为主。其原岩大部分是玄武质岩石, 少部分为富镁泥灰岩。

1. 玄武质岩石 以熔岩为主, 部分为凝灰岩, 有些可能是脉岩或火山岩。前二者为层状或似层状, 与围岩整合, 部分残余有粗玄结构及杏仁状构造。后二者顺层侵入, 与围岩界线清楚, 有时残余有辉长结构及半自形粒状结构。

副矿物以含磁黄铁矿和较多的钛铁矿、黄铁矿、磁铁矿、磷灰石以及少量的岩浆型锆石(照片1), 不含电气石和石榴石为特征。

化学成分类似拉斑玄武岩, 较富硅贫碱, 且变化不大(表1, 1-33号)。

表 1

阳起角闪质岩类化学成分

Table 1

The chemical compositions of the actinolite-amphibolic rocks

| 序号 | 样品编号      | 化 学 成 分 (重 量%)   |                  |                                |                                |       |      |      |       |                  |                   |                               |                               |      | 总和     |
|----|-----------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|------|-------|------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|------|--------|
|    |           | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO   | MnO  | MgO  | CaO   | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 灼失量  |        |
| 1  | 宽—34/1    | 47.83            | 1.83             | 13.01                          | 3.67                           | 10.22 | 0.16 | 7.34 | 6.71  | 0.20             | 3.44              | 3.36                          | 0.21                          | 5.17 | 99.79  |
| 2  | 11        | 48.46            | 1.04             | 13.29                          | 4.24                           | 7.53  | 0.16 | 6.87 | 11.67 | 0.10             | 3.00              | 1.72                          | 0.09                          | 3.97 | 100.44 |
| 3  | 36/8      | 48.70            | 0.90             | 14.20                          | 3.91                           | 7.75  | 0.16 | 7.73 | 12.36 | 0.22             | 2.62              | 0.60                          | 0.07                          | 2.18 | 100.66 |
| 4  | 10        | 48.43            | 0.84             | 13.82                          | 2.99                           | 8.56  | 0.16 | 8.89 | 12.57 | 0.18             | 2.04              | 0.80                          | 0.11                          | 2.07 | 100.66 |
| 5  | 03—6115/7 | 48.88            | 1.08             | 13.90                          | 3.05                           | 8.68  | 0.23 | 7.20 | 11.68 | 0.51             | 1.76              | 1.36                          | 0.05                          | 2.05 | 99.67  |
| 6  | 03娘—16/15 | 49.24            | 1.20             | 13.51                          | 3.33                           | 8.79  | 0.18 | 8.03 | 10.68 | 0.42             | 2.22              | 1.56                          | 0.20                          | 2.49 | 100.29 |
| 7  | 2宽—4/3    | 47.45            | 1.28             | 13.24                          | 3.11                           | 9.38  | 0.20 | 6.87 | 10.37 | 0.20             | 3.17              | 2.51                          | 0.15                          | 4.06 | 99.48  |
| 8  | 5/5       | 45.45            | 1.00             | 13.80                          | 6.41                           | 6.30  | 0.22 | 7.23 | 11.09 | 0.38             | 2.97              | 2.20                          | 0.20                          | 4.23 | 99.68  |
| 9  | 28/3      | 49.51            | 1.00             | 14.14                          | 8.28                           | 3.95  | 0.12 | 7.29 | 7.84  | 0.92             | 2.62              | 1.69                          | 0.14                          | 4.28 | 100.09 |
| 10 | 9         | 49.24            | 1.00             | 13.46                          | 3.35                           | 8.68  | 0.16 | 7.27 | 10.12 | 0.12             | 0.69              | 2.12                          | 0.12                          | 2.64 | 99.85  |
| 11 | 11        | 49.15            | 1.35             | 13.12                          | 3.35                           | 9.19  | 0.16 | 6.60 | 9.94  | 0.06             | 3.29              | 2.46                          | 0.14                          | 3.11 | 99.46  |
| 12 | 16        | 47.09            | 0.93             | 14.44                          | 3.02                           | 8.94  | 0.15 | 7.55 | 11.25 | 0.04             | 2.88              | 2.54                          | 0.11                          | 2.99 | 99.39  |
| 13 | 1445/1    | 46.75            | 1.33             | 15.25                          | 5.08                           | 6.26  | 0.16 | 5.64 | 12.66 | 0.10             | 2.06              | 2.37                          | 0.19                          | 3.87 | 99.35  |
| 14 | 1458/4    | 44.01            | 1.11             | 13.22                          | 3.34                           | 9.59  | 0.14 | 6.59 | 12.27 | 0.08             | 3.08              | 2.82                          | 0.13                          | 7.10 | 100.66 |
| 15 | 1459/5    | 47.74            | 1.20             | 13.26                          | 3.00                           | 9.55  | 0.16 | 6.90 | 10.09 | 0.08             | 3.04              | 2.36                          | 0.14                          | 3.69 | 99.85  |
| 16 | 36/12     | 47.90            | 0.88             | 13.87                          | 3.01                           | 8.14  | 0.15 | 9.13 | 11.87 | 0.20             | 2.50              | 0.72                          | 0.7                           | 2.42 | 100.16 |
| 17 | 1512/5    | 49.88            | 0.95             | 13.77                          | 2.47                           | 8.47  | 0.16 | 7.79 | 11.79 | 0.10             | 2.60              | 0.90                          | 0.09                          | 2.05 | 100.13 |
| 18 | 03—6114/2 | 49.21            | 1.53             | 13.37                          | 4.28                           | 8.61  | 0.23 | 7.46 | 10.56 | 0.16             | 2.08              | 1.20                          | 0.17                          | 1.93 | 99.59  |
| 19 | K/2       | 47.10            | 1.33             | 14.08                          | 3.86                           | 8.45  | 0.18 | 8.87 | 7.73  | 0.20             | 2.90              | 0.26                          | 0.13                          | 3.80 | 98.64  |
| 20 | 宽—30/7    | 48.39            | 1.25             | 13.18                          | 3.94                           | 9.46  | 0.16 | 7.23 | 10.51 | 0.07             | 2.44              | 1.52                          | 0.12                          | 2.54 | 99.29  |
| 21 | 16        | 49.33            | 2.15             | 12.58                          | 8.40                           | 6.78  | 0.18 | 5.23 | 8.98  | 0.66             | 3.62              | 1.45                          | 0.27                          | 1.59 | 99.75  |
| 22 | 31/3      | 49.02            | 2.20             | 11.88                          | 8.39                           | 7.44  | 0.19 | 5.04 | 8.97  | 0.35             | 3.79              | 1.30                          | 0.26                          | 2.13 | 99.66  |
| 23 | 17        | 49.37            | 1.85             | 11.32                          | 3.41                           | 10.01 | 0.15 | 6.35 | 8.72  | 0.38             | 3.29              | 2.15                          | 0.20                          | 3.97 | 99.52  |
| 24 | 1483/2    | 49.62            | 1.48             | 12.66                          | 2.82                           | 9.07  | 0.16 | 5.76 | 9.92  | 0.08             | 2.56              | 2.30                          | 0.15                          | 5.53 | 99.61  |
| 25 | 8—1063/2  | 48.68            | 1.40             | 13.20                          | 2.80                           | 9.96  | 0.20 | 7.29 | 10.38 | 0.70             | 2.84              | 0.96                          | 0.15                          |      | 98.56  |
| 26 | 1237/4    | 48.07            | 1.50             | 13.03                          | 3.90                           | 9.76  | 0.24 | 7.11 | 10.66 | 0.30             | 3.07              | 0.84                          | 0.16                          |      | 98.64  |
| 27 | 03—77栓/19 | 49.45            | 2.20             | 13.31                          | 4.24                           | 9.95  | 0.24 | 6.46 | 8.46  | 0.38             | 3.17              | 0.74                          | 0.14                          | 0.56 | 98.56  |
| 28 | 宽—1395/1  | 49.45            | 1.50             | 13.12                          | 3.52                           | 9.26  | 0.18 | 7.31 | 10.99 | 0.10             | 2.17              | 0.64                          | 0.12                          | 1.82 | 99.54  |
| 29 | 1358/1    | 49.46            | 1.40             | 13.13                          | 2.44                           | 9.59  | 0.17 | 7.66 | 10.13 | 0.54             | 2.95              | 1.23                          | 0.18                          | 2.62 | 100.28 |
| 30 | 12        | 48.70            | 1.78             | 12.29                          | 2.83                           | 11.25 | 0.19 | 5.93 | 10.74 | 0.39             | 3.11              | 0.64                          | 0.22                          | 2.76 | 100.22 |
| 31 | 1360/9    | 50.19            | 1.55             | 13.39                          | 3.69                           | 9.60  | 0.17 | 7.09 | 9.12  | 0.75             | 2.71              | 1.19                          | 0.19                          | 2.20 | 100.65 |
| 32 | 15        | 48.89            | 1.65             | 12.78                          | 3.05                           | 10.72 | 0.18 | 6.60 | 10.75 | 0.62             | 2.74              | 1.00                          | 0.20                          | 2.30 | 100.38 |
| 33 | 宽—汤/1     | 47.76            | 1.65             | 13.40                          | 2.76                           | 11.10 | 0.20 | 6.72 | 11.94 | 0.64             | 2.54              | 0.22                          | 0.18                          | 0.90 | 99.79  |
| 34 | 宽—1485/1  | 58.50            | 0.90             | 11.72                          | 2.11                           | 7.57  | 0.17 | 6.86 | 8.54  | 0.25             | 2.16              | 0.70                          | 0.12                          |      | 99.62  |
| 35 | 1486/8    | 51.83            | 2.58             | 13.63                          | 2.66                           | 11.60 | 0.21 | 4.47 | 7.44  | 0.43             | 2.62              | 0.80                          | 0.39                          |      | 98.67  |
| 36 | 36/14     | 70.31            | 0.60             | 11.62                          | 1.81                           | 3.95  | 0.05 | 2.79 | 2.13  | 2.82             | 1.80              | 1.20                          | 0.16                          | 2.10 | 101.34 |
| 37 | 1358/8    | 48.45            | 1.83             | 11.96                          | 4.41                           | 8.39  | 0.18 | 6.28 | 11.68 | 0.58             | 2.60              | 0.23                          | 0.23                          | 2.18 | 100.71 |
| 38 | 汤/3       | 47.84            | 1.58             | 13.69                          | 3.14                           | 8.96  | 0.18 | 6.04 | 13.02 | 0.47             | 2.75              | 0.17                          | 0.17                          | 2.12 | 100.76 |

注. 岩石名称 1—3, 5, 7, 10—12, 14, 15, 17—21, 23(绿帘)钠长阳起片岩; 8, 9, 22, 24(绿帘)阳起钠长片岩; 13 钠长绿帘阳起绿帘片岩; 6 斜长角闪阳起片岩; 28, 34—36 斜长角闪片岩; 4, 16, 25—27, 29—33, 37, 38斜长角闪岩。

标本产地 1, 2, 19 商县北宽坪; 17, 25, 34, 35 商县牧护关; 6, 26—28商县娘娘山, 岔口铺、蒲峪、黑龙口; 3, 4, 16洛南马河; 5, 18, 36洛南城王沟, 银洞沟, 谢湾; 7, 8户县涝峪; 13, 户县干峪; 9—12, 20—23周至里河; 14, 15 周至田峪; 24周至西峪; 29—33, 37, 38, 眉县汤峪。

分析单位 陕西省地矿局区调队实验室。

玄武质岩的微量元素<sup>①</sup>中的 Sc(36)、Cr(210)、Ni(83)、Co(41) 等比富 镁泥灰岩高, 而Li(16)、Zr(72)、Rb(11.6) 等较低, 接近基性岩的丰度。O·B·戈尔巴切夫(1973) 认为, 基性岩 Sr/Ba 平均为1.4—1.5, 而泥质岩为0.5。故 Sr 含量增大和 Sr/Ba>1 应当是正角闪岩的典型特征<sup>②</sup>。宽坪群正角闪质岩类中 Sr/Ba 平均为1.014 或大于1.014 者属基性岩。尤其是这类岩石Eu/Sm0.314—0.327, 平均为0.318, 与玄武岩的0.32 (赵振华, 1982)<sup>[1]</sup>十分接近。

2. 富镁泥灰岩 产状与玄武质岩相似。主要区别是: 1) 常与云母石英片岩或石英大理岩互层, 有时渐变过渡; 2) 角闪石显著多于斜长石, 矿物分布不均匀, 方解石与角闪石、斜长石各自聚集成平行相间的条带, 反映残余层理 (照片2); 3) 付矿物中锆石较多, 磁铁矿和钛铁矿较少。锆石表面粗糙, 长宽比构成复杂, 有在搬运过程中形成的麻坑 (照片3); 4) 化学成分与基性岩有明显的差别 (表1, 34—38), SiO<sub>2</sub>、FeO、MgO、CaO 等含量变化较大, 一般SiO<sub>2</sub>、K<sub>2</sub>O 稍偏高, Na<sub>2</sub>O 稍偏低; 5) 微量元素含量接近钙泥质岩, 11个样品平均相对玄武质岩Rb(29)、Li(37)、Zr(94)、Ba(267) 等较高, Cr(180)、Co(22)、V(295)、Ni(74)等较低, Sr/Ba<0.6。

## (二) 云母长英质岩类

大部分原岩属泥砂质岩, 少部分是酸性火 (成) 山岩。

1. 酸性火 (成) 山岩 分布零散, 一般呈层状或似层状产出, 与围岩整合。有些成脉状斜切围岩, 并见围岩捕虏体, 其中大部分是熔岩和次火山岩, 有的具残留晶屑结构, 原岩可能是凝灰岩或含火山碎屑的岩石。

这类岩石一般变质为黑 (二) 云母钠长或更长变粒岩, 有些变为钠长石英片岩或板状石英钠长千枚岩。斜长石接近或稍多于石英, 呈半自形等轴粒状, 部分颗粒较粗, 似斑晶。有些具清晰的变余斑状结构 (照片4)。付矿物中磷灰石、钛铁矿较多, 无石榴石和电气石, 锆石晶棱面清晰, 表面光洁, 具岩浆型锆石特征。

化学成分比较接近酸性岩浆岩 (表2, 1—4、6)。Na<sub>2</sub>O 明显高于泥砂质岩, 多数 Na<sub>2</sub>O>K<sub>2</sub>O。

2. 泥质砂岩 (1) 常夹薄层石英岩或因成分和结构的变化, 尤其是含炭者, 炭质和云母聚集成条纹, 与长英质矿物平行相间, 反映变余层理 (照片5)。

(2) 副矿物组合比较复杂, 主要为锆石、磷灰石、榍石、石榴石、电气石、金红石、磁铁矿、钛铁矿等。锆石滚圆度较好, 表面粗糙, 明显保留搬运过程中形成的滚磨、刻压等痕迹。

(3) 因含铝较高, 变质较深时出现石榴石和十字石、蓝晶石、堇青石等特征矿物。

(4) 化学成分比较接近泥砂质岩。K<sub>2</sub>O一般较上述酸性火山岩偏高, K<sub>2</sub>O均大于Na<sub>2</sub>O; SiO<sub>2</sub>一般大于70%, 部分达80%以上; 一般 MgO>CaO; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>变化大 (表2, 5, 11—15)。

① 分析方法: Cr、Ni、Co, 发射光谱; Li, 原子吸收光谱; Sc, 等离子体发射光谱; Rb、Sr荧光光谱。括弧内为34个样的平均值, 单位ppm。下同。

② 地质科学院情报所, 1975, 变质岩的原岩识别及其恢复方法, 129页。

表 2

云母长英质岩类化学成分

Table 2. The chemical compositions of the mica-felsic rocks

| 序号 | 样品编号      | 化 学 成 分 (重量)%    |                  |                                |                                |      |       |      |      |                  |                   |                               |                               |      | 总 和     |
|----|-----------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-------|------|------|------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|------|---------|
|    |           | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO  | MnO   | MgO  | CaO  | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | 灼失量  |         |
| 1  | 03—6731/1 | 77.85            | 0.15             | 11.17                          | 1.10                           | 0.90 | 0.03  | 0.22 | 0.45 | 4.33             | 3.18              | 0.33                          |                               | 1.22 | 100.95  |
| 2  | 区检/15     | 73.38            | 0.25             | 12.89                          | 1.98                           | 0.84 | 0.03  | 0.50 | 0.43 | 2.07             | 4.70              | 0.76                          | 0.03                          | 1.50 | 99.36   |
| 3  | 宽—1399/2  | 72.62            | 0.27             | 12.56                          | 0.85                           | 2.99 | 0.08  | 0.39 | 0.76 | 3.43             | 4.65              | 0.54                          | 0.04                          | 1.13 | 100.31  |
| 4  | 03—K/1    | 70.10            | 0.52             | 11.25                          | 3.95                           | 2.04 | 0.117 | 0.56 | 2.52 | 2.40             | 2.80              | 0.43                          | 0.14                          | 3.32 | 100.147 |
| 5  | 宽—1361/5  | 59.90            | 1.25             | 15.58                          | 3.13                           | 4.21 | 0.14  | 1.12 | 3.89 | 7.16             | 1.05              | 1.07                          | 0.38                          | 1.64 | 100.52  |
| 6  | 1363/6    | 70.01            | 0.38             | 12.66                          | 0.70                           | 3.87 | 0.03  | 1.42 | 2.53 | 1.69             | 3.24              | 0.75                          | 0.08                          | 0.88 | 100.24  |
| 7  | 1398/1    | 80.29            | 0.75             | 7.47                           | 1.33                           | 3.11 | 0.07  | 1.13 | 0.80 | 1.63             | 1.75              | 0.73                          | 0.15                          | 1.35 | 100.56  |
| 8  | 03—3317/7 | 82.20            | 0.40             | 7.50                           | 1.18                           | 2.04 | 0.05  | 1.49 | 0.73 | 1.76             | 1.16              | 0.84                          | 0.10                          | 1.00 | 100.45  |
| 9  | 3320/5    | 74.44            | 0.50             | 10.78                          | 0.60                           | 4.19 | 0.10  | 1.37 | 1.50 | 2.20             | 2.05              | 0.80                          | 0.17                          | 1.49 | 100.19  |
| 10 | 3328/24   | 89.50            | 0.40             | 4.08                           | 1.13                           | 0.80 | 0.01  | 0.48 | 0.19 | 0.95             | 0.66              | 0.88                          | 0.05                          | 1.05 | 99.81   |
| 11 | 3330/3    | 87.32            | 0.10             | 4.79                           | 1.80                           | 0.58 | 0.01  | 0.44 | 0.17 | 1.75             | 0.10              | 0.98                          | 0.75                          | 1.42 | 100.21  |
| 12 | K/7       | 67.37            | 0.68             | 14.77                          | 0.29                           | 5.46 | 0.13  | 2.42 | 1.29 | 3.80             | 1.54              | 0.19                          | 0.14                          | 1.24 | 100.58  |
| 13 | 3701—2    | 75.01            | 0.55             | 11.28                          | 1.70                           | 2.71 | 0.06  | 1.42 | 1.29 | 2.58             | 2.30              |                               | 0.22                          |      | 99.12   |
| 14 | GS II 1—4 | 74.46            | 1.05             | 10.39                          | 1.02                           | 3.33 | 0.05  | 1.57 | 1.81 | 2.67             | 2.60              |                               | 0.20                          |      | 99.15   |
| 15 | 宽—1361/16 | 69.59            | 0.68             | 12.20                          | 0.90                           | 5.00 | 0.05  | 2.10 | 1.61 | 3.05             | 2.05              | 1.13                          | 0.17                          | 2.07 | 100.61  |

注：岩石名称 1 流纹斑岩；2 二长变粒岩；3 黑云钠长变粒岩；4,13 绢云钠长石英片岩；5 二云钾长变粒岩；6 黑云斜长变粒岩；7 二云长石石英片岩；8,14 二(黑)云石英片岩；9 含石榴石石英片岩；10,11 绢云石英片岩；12 斜长二云石英片岩；15 二云斜长石英片岩。

标本产地 1,2,3,7,10 商县大姚岔,板桥,大商塬,宋沟,唐塬；4,11,12 商县北宽坪；8,9 洛南庙湾；6,5,15 眉县汤峪；13 周至小耿峪；14 户县涝峪。

分析单位 陕西省地矿局区调队实验室。

另有部分岩石,成分特征介于上述酸性火山岩和泥砂质岩之间,原岩可能混入酸性火山岩碎屑。

### (三) 石英岩、大理岩类

石英岩、大理岩经常互为夹层,并有一系列过渡类型,故也统称石英大理岩类或“钙镁硅质岩”。对其原岩和成因有人认为属超基性岩风化壳。笔者认为,大理岩原岩是不纯灰岩或白云岩。主要依据是:1)一般具变余微层理,石英砂屑次圆或次棱角状;2)局部产叠层,偶见沉积间断面;3)13个样平均,Cr(88)、Co(14)、Ni(24)等微量元素明显低于超基性岩,Sr(179)、Ba(511)、Mn(712)较高,反映了化学沉积的特点

石英岩产状类似大理岩,部分硅质可能与火山射气作用有关,特别是与基性火山岩呈夹互层的樱红、粉红、淡紫色致密条带状含铁(锰)石英岩。

### (四) 变超镁铁质岩类

发现于洛南盘龙山等地,以往曾按侵入岩作过铬、镍含矿性评价。笔者认为,它可能是与基性火山岩有关的超镁铁质喷发岩。主要依据是:1)岩体仅分布于广东坪组,与基性火山岩关系密切,界线不十分清楚,一般呈透镜状或似层状产出,延伸方向与地层构造线近于一致;2)变橄榄岩中偶见类似熔岩的流动构造(照片6);3)化学成分与南非及苏联的橄榄质科马提岩相近(表3)。

表 3 盘龙山超镁铁质岩与国外科马提岩化学成分对比

Table 3 The comparison between the chemical composition of the panlong Mts. ultramafic rocks and oversea komatiites

| 序<br>号 | 化                |                  |                                |                                |      | 学    |       |       |                                         |                               | 成                             |                                |     |                                                 |                                                                        | 分     |       |  |  |  | 特<br>征<br>值 |  | 氧<br>化<br>度 |  |
|--------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-------|-------|-----------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----|-------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------|-------|--|--|--|-------------|--|-------------|--|
|        | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO  | MnO  | MgO   | CuO   | $\sum \text{O}_2\text{Ni}_{10}\text{O}$ | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> | Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | NiO | C <sub>3</sub> O/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | $\langle \text{FeO} \rangle / \langle \text{FeO} \rangle + \text{MgO}$ | W     | F     |  |  |  |             |  |             |  |
| 1      | 44.66            | 0.89             | 6.56                           | 6.22                           | 6.39 | 0.22 | 20.10 | 7.85  | 0.15                                    | 0.17                          | 3.56                          |                                |     | 1.04                                            | 0.374                                                                  | 0.493 | 0.973 |  |  |  |             |  |             |  |
| 2      | 44.72            | 0.52             | 3.25                           | 6.02                           | 5.52 | 0.19 | 25.35 | 6.97  | 0.05                                    | —                             | 5.58                          | 0.36                           |     | 2.14                                            | 0.307                                                                  | 0.522 | 1.091 |  |  |  |             |  |             |  |
| 3      | 44.88            | 0.50             | 10.00                          | —                              | 12.5 | 0.20 | 16.0  | 10.02 | 0.01                                    | 0.94                          | 4.62                          |                                |     | 1.002                                           | 0.439                                                                  |       |       |  |  |  |             |  |             |  |
| 4      | 45.38            | 0.35             | 3.78                           | 6.13                           | 5.29 | 0.13 | 33.8  | 4.56  | 0.01                                    | 0.08                          | 6.62                          |                                |     | 1.21                                            | 0.242                                                                  | 0.537 | 1.159 |  |  |  |             |  |             |  |

1. 盘龙山超镁铁质岩(8个样平均值); 2. 南非橄榄质科马提岩(3个样平均值); 3. Vred 岩流中具辐射结构的科马提岩; 4. 苏联橄榄质科马提岩(平均值)。

C·布鲁克和S·R·哈特(1974)提出的超镁铁质喷发岩化学成分准则是:  $\text{SiO}_2$  46—53%,  $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3 > 1$ ,  $\text{MgO} > 9\%$ ,  $\text{TiO}_2$  和  $\text{K}_2\text{O}$  均小于 0.9%<sup>①</sup>。盘龙山超基性岩成分与上述准则相近。在目前常用的判别科马提岩图解上, 投点无例外地落在国外典型科马提岩分布范围内(图1)。

## 二、原岩建造划分及其主要特征

宽坪群原岩组合具优地槽火山—沉积建造的一般特征。下部属火山硅质(富镁碳酸盐岩)—基性火山岩亚建造, 中部火山—类复理石亚建造, 上部类复理石—碳酸盐岩亚建造。

### (一) 火山硅质(富镁碳酸盐岩)—基性火山岩亚建造

原岩以基性火山岩为主, 夹含锰(铁)硅质岩、富镁碳酸盐岩及泥质粉砂岩, 局部见超镁铁质岩及酸性火山岩, 厚度大于 1000m。在碱硅分类图解上, 基性岩和酸性岩分别投在玄武岩区和流纹岩区(图2)。火山岩组合可能为玄武岩—流纹岩, 缺乏安山岩或极少。超镁铁质岩有可能归入这一组合。

1. 玄武岩: 从化学成分看,  $\text{SiO}_2$  46—50%, 较贫碱( $< 4\%$ ),  $\text{Al}_2\text{O}_3 < 16\%$ ,  $\text{K}_2\text{O} < 1\%$ ,  $\text{TiO}_2$  一般 0.7—2.2%, 与拉斑玄武岩成分相似。在 AFM 图解上, 均投在拉斑玄武岩区(图3)。与各种拉斑玄武岩相比, 在较多的方面类似大洋拉斑玄武岩。

Balashor(1976)认为, 由大陆拉斑玄武岩变质形成的角闪岩, 轻稀土相对不太富集; 由岛弧和洋脊拉斑玄武岩变质形成者, 以亏损轻稀土为特征<sup>[2]</sup>。宽坪群由玄武质岩石变成的角闪岩, 稀土元素总量一般为 64.5—103.7 ppm, 轻重稀土比值大于 1, 属弱富集型;

① 刘如璋, 1981, 科马提岩及其鉴别标志(早前寒武变质火山—沉积岩系讨论会论文)。

在稀土元素相分馏图解上, 处于大洋拉斑玄武岩与大陆拉斑玄武岩的过渡区 (图 4)

2. 流纹岩: 碱性程度与玄武岩相近, 组合指数变化稍大(0.64—3.99), 一般为 1.0—

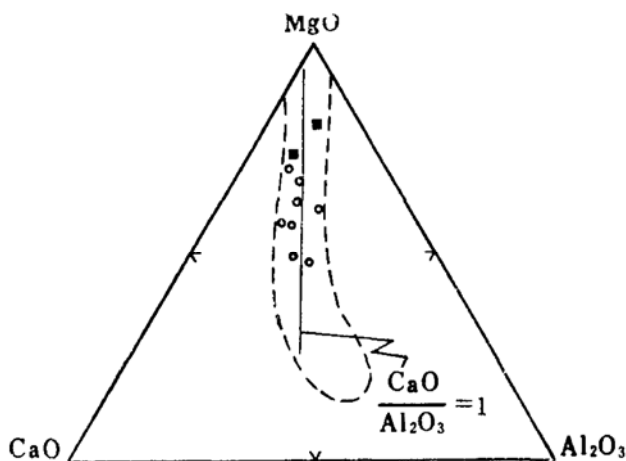


图 1 超镁铁质岩 MgO—CaO—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 图解  
(据 A. S. Naldrett 等, 1977)

Fig. 1 MgO—CaO—Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> diagram of the ultramafic rocks

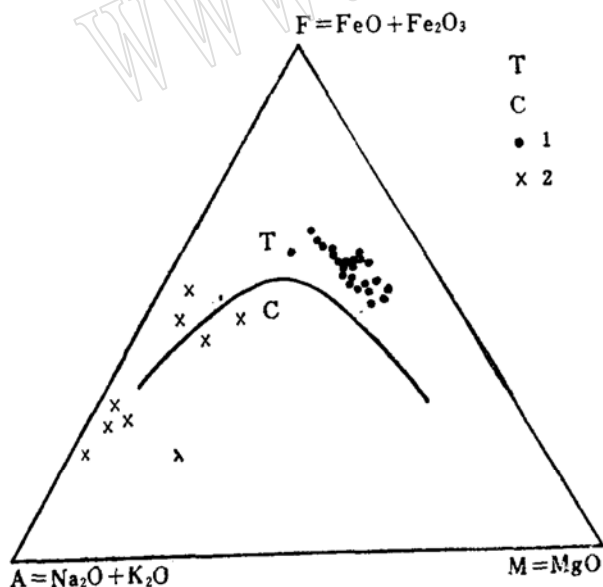


图 3 火山岩 A-F-M 图解 (据 麦克唐纳, 1968)  
Fig. 3 A-F-M diagram of the volcanic rocks

T, 拉斑玄武岩系列区 1. 玄武岩  
C, 钙碱玄武岩系列区 2. 流纹岩

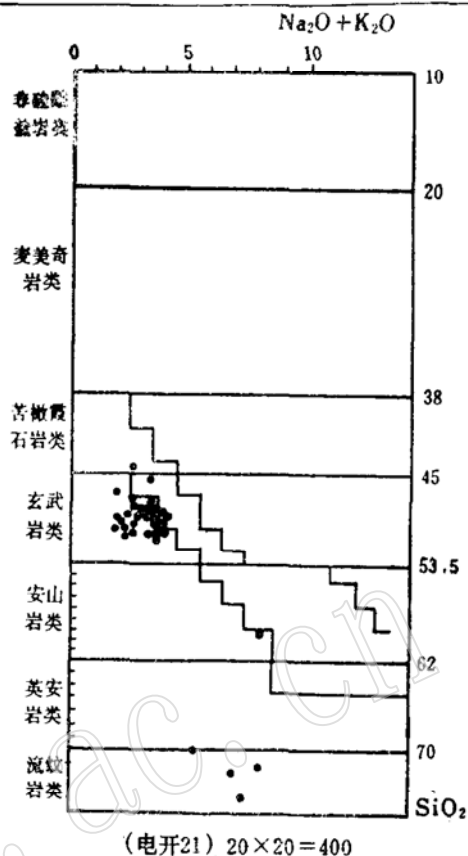


图 2 火山岩 SiO<sub>2</sub> 和 Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O 关系图  
(据 A. K 米德牟斯特, 1977)

Fig. 2 SiO<sub>2</sub> and Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O relation diagram of the volcanic rocks

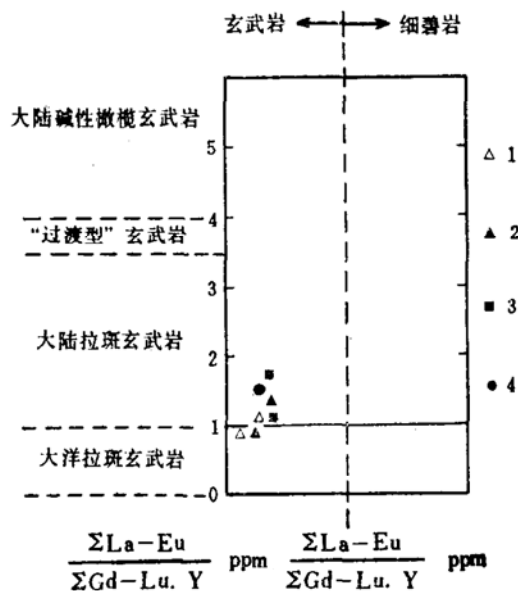


图 4 拉斑玄武岩稀土元素相分馏图解  
Fig. 4 REE Phase-fractional diagram of the tholeiite

(据 A. G. 赫尔曼等, 1974) 1. 广东坪组, 2. 甘峪湾组, 3. 大镇沟组, 4. 汤峪组

2.2. 在 AFM 图解上, 投点比较分散, 与玄武岩各自聚集成区 (图 3), 它与玄武岩的成因联系还需进一步研究。

### 3. 超镁铁质岩

据彼努斯研究, 由玄武质岩浆分异的超基性岩,  $\text{MgO}$  一般小于 30%,  $\text{MgO}/\text{FeO} < 7$ ,  $\text{CaO}$  高,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  及碱金属很高,  $\text{TiO}_2$  常见<sup>①</sup>。宽坪群超镁铁质岩成分 (表 3) 与上述相近。它可能与玄武岩同源, 侵入喷发时间稍晚。

### (二) 火山—类复理石亚建造

原岩以泥质粉砂岩和粉砂岩为主, 夹基性和酸性火山岩、含铁锰硅质岩及硅镁质碳酸盐岩。泥质粉砂岩硅质模数 ( $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ ) 较小 (0.04—0.21), 成熟度 ( $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 较高 (5—10)。在  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ — $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  的对数比值图解上, 大部分投入岩屑砂岩区 (图 5), 性质类似硬砂岩或沉积岩。这类岩石在剖面上单调重复, 构成厚度很大的类复理石沉积。

本亚建造以泥质碎屑沉积作用为主, 火山活动有所减弱。大镇沟组基性火山岩较四岔口组略偏碱性, 在碱硅图解上, 部分投在或接近碱性岩区 (图 6)。在稀土元素相对分馏图解上, 更靠近大陆拉斑玄武岩区 (图 4)。这可能反映了构造环境的差异。

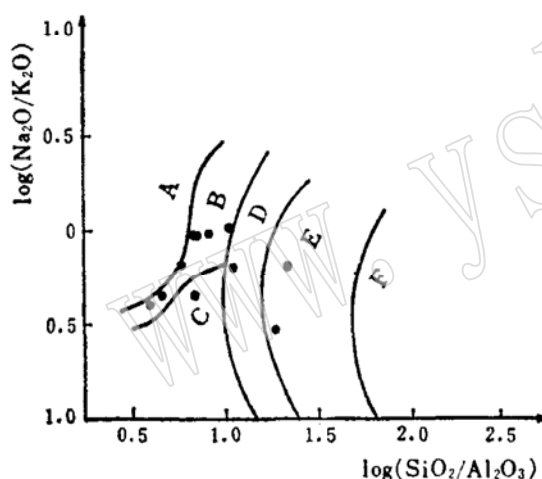


图 5 变泥砂质岩  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ — $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$  对数比值图 (据裴带庄, 1972)

Fig 5.  $\text{Log} (\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O})$ — $\text{Log} (\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3)$  diagram for argillo-arenaceous rocks

A, 杂砂岩区; B, 岩屑砂岩区; C, 长石砂岩区; D, 亚长石砂岩区; E, 亚岩屑砂岩区; F, 石英砂岩区

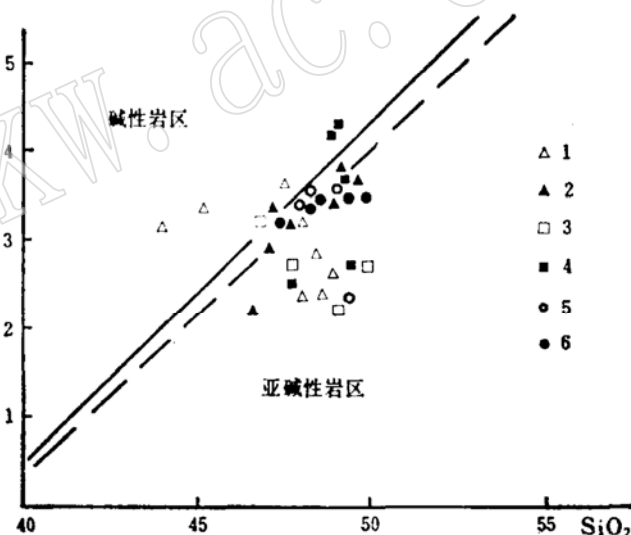


图 6 基性火山岩碱硅图解

Fig 6. The alkali-silica diagram of the basic volcanic rocks

(实线据欧文等, 1971; 虚线据麦克唐纳, 1968)

1. 广东坪组; 2. 甘峪湾组; 3. 四岔口组; 4. 大镇沟组; 5. 谢湾组; 6. 汤峪组

### (三) 类复理—碳酸盐岩亚建造

本亚建造以碳酸盐沉积为主要特征。原岩为含泥砂质的白云质灰岩、富镁泥灰岩及泥质粉砂岩等, 夹少量基性火山岩, 偶见中酸性岩脉。其下部与火山—类复理石亚建造连续过渡, 上部又显示向另一个类复理石亚建造演化的趋势。火山活动渐趋微弱, 陆源碎屑沉积和浅海

① 邱家骥, 1978, 岩浆岩化学成分研究方法简介, 江西地质科学研究科技动态. 1979 (1)。



相碳酸盐沉积交互出现。

### 三、古构造环境浅析

宽坪群呈狭长带状绕华北地台南缘分布,东西延伸近千公里,南北界受区域性深大断裂控制。北界固关—铁炉子—黑沟断裂是华北地台与秦岭地槽的分界;南界斜峪关—云架山早古生代断陷带将北秦岭元古代活动带分为南北两部分。宽坪群处于活动带北部。

宽坪群厚度大于8000m,成较完整的火山—沉积旋迴。从原岩建造看,它不具蛇绿岩的典型特征,显然不是大洋扩张脊的产物。基性岩比较接近大洋拉斑玄武岩,但有很少一部分属碱性玄武岩,尤其是稀土元素分配型式属弱富集型,与大陆边缘拉斑玄武岩相似。结合地质构造分析,其形成环境类似大陆边缘海槽。

近年研究证明,多数边缘海盆属拉裂、扩张成因。在讨论边缘海盆火成岩组合时,不少人将其归入板块扩张带或拉张环境,并认为边缘海盆发育的玄武岩与大洋区所见低钾拉斑玄武岩难以区分。Waldo Virdilo和David Rickrd (1984)认为,双模式火山作用在拉张构造体制极为特征<sup>[2]</sup>。宽坪群火山活动以基性喷发为主,缺乏中性火山岩,酸性火山喷发不甚发育,表现为不太典型的流纹质—玄武质双模式火山作用。基性岩亦非典型的大陆或大洋拉斑玄武岩,而是形成大陆与大洋过渡区的低钾拉斑玄武岩。双模式火山活动还表明,宽坪群海槽形成过程中,受类似板块边界拉裂、扩张作用控制。

宽坪群下部广东坪组碳酸盐岩中叠层石和沉积间断面的出现,表明海槽初期局部为浅海环境。火山岩很少具明显的碎屑结构,推测火山活动方式主要是熔岩沿张裂平静的溢出。A.Φ.格拉切夫(1977)认为,2000m以下,实际上不可能发生喷(爆)发活动。据此推测,宽坪群海槽早期深度一般为2000m左右。至中晚期,主要形成中部泥砂质沉积(四岔口组)和上部碳酸盐沉积(谢湾组),表明海槽逐渐变为浅中—浅海环境。

一般认为,只有陆壳或过渡壳才产生酸性岩浆。宽坪群少量酸性岩的存在,反映海槽地壳结构可能属陆壳与洋壳之间的过渡类型。

在里特曼—戈蒂尼图解上,商洛地区火山岩除少部分投入非造山带外,大部分投入造山带;眉户地区则有一部分投入非造山带或碱性、偏碱性火山岩区。据此推测,宽坪群形成于靠近稳定构造区的造山带,东部较西部、早期较晚期更活动一些。也可以认为,形成宽坪群的海槽经历了由造山带向非造山带演变的过程。

### 参 考 文 献

- [1]赵振华,1982,稀土元素地球化学研究方法,地质地球化学,1982(1),26-33。
- [2]王凯怡,1981,某些变质岩中的稀土元素,国外地质,1981(1),科技文献出版社。
- [3][挪威]Waldo Virdilo, David Rickrd, 1984, 早元古宙内硅铝扩张—俯冲,瑞典中部加彭伯格地体的证据,《大陆壳演化》(译文专辑),西北大学地质系编译,1985,陕西科学技术出版社。



## A Discussion on the Primary Rock Formation and Forming conditions of the Kuan Ping Group

Song Ziji

Zhang Weiji

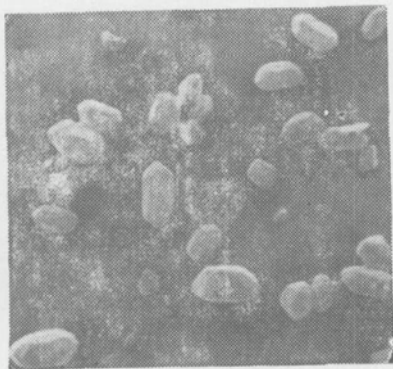
(Regional Geological Survey Team, Shanxi Province) (Xi'an College of Geology)

**Key words:** Kuan Ping Group, Primary rock formation, Tholeiite, Tro-  
ugh.

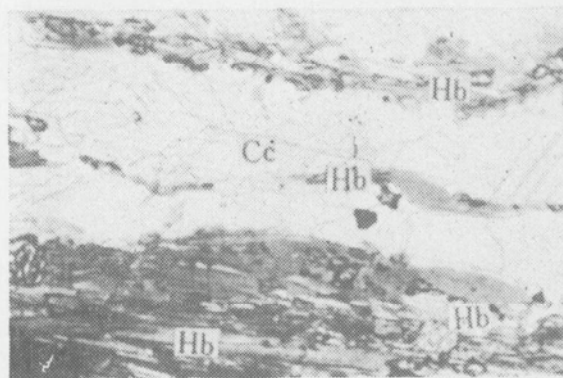
### Abstract

The Kuan Ping Group is a sequence of the sedimentary-volcanic series of the early-middle Proterozoic, which had been suffered multiple deformation and metamorphism. It consists of the greenschist with magno-siliceous marble and sericite quartzschist in the lower part of the Kuan Ping Group. In the middle, it is composed of the mica-quartz schist with magno-siliceous marble and amphibolite. The biotite marble and amphibolite occur in the upper. By recovering the primary rock they belong to the volcanic siliceous (Mg-rich carbonatite) -basic volcanic subformation, volcano-flyschoid subformation and flyschoid-carbonatite subformation, respectively.

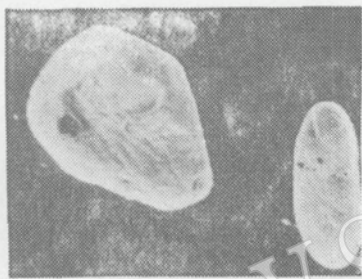
The Kuan Ping Group is distributed along the southern margin of North China Platform as a narrow belt, extended approximately 4 km from east to west and the total thickness is more than 8 Km. It is possessed of the common features of the eugeosyncline sediment. According to the primary rock formation, it is believed that is not with the typical character of the ophiolite and is not also the product of the oceanic spreading ridge. The composition of the basic volcanic rock is similar to the K-poor tholeiite of the transition region between the ocean and continent, and their tectonic environment is similar to that of the continent margin basin.



照片 1 斜长阳起石片岩之副矿物锆石，晶面清楚，晶体完整，电镜放大40倍



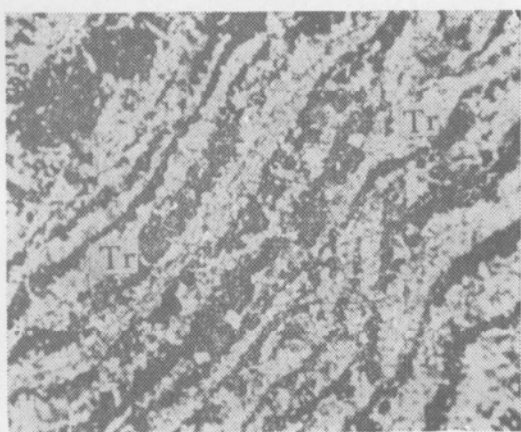
照片 2 黑云斜长角闪岩之变余层状构造，单片光×50



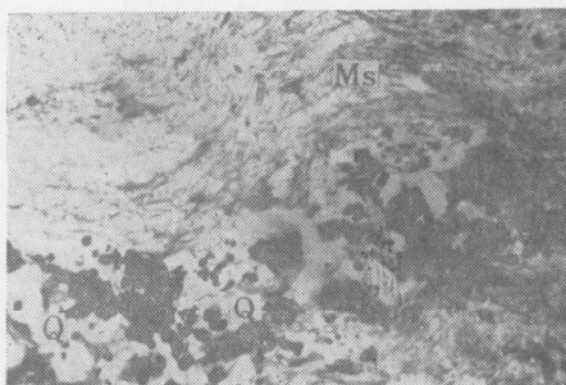
照片 3 绿泥钠长片岩之副矿物锆石，具沉积搬运特征，电镜放大40倍



照片 4 板状石英钠长千板岩的变余斑状结构，正交偏光×50



照片 5 石英绢云千枚岩之变余层理，单偏光×75



照片 6 变橄辉岩之似流动状构造